

УДК 633.854.78:631.527

***ФАКТОРНА СТРУКТУРА ЕКОЛОГІЧНОЇ ПЛАСТИЧНОСТІ
ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ***

В. П. Коломацька

Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

За результатами факторного аналізу даних багаторічних досліджень визначено особливості екологічної пластичності гібридів соняшнику в Лісостеповій зоні України. Встановлено провідні ознаки, вивчення екологічної пластичності за якими є визначальним для селекції гібридів соняшнику на підвищення адаптивного потенціалу до абіотичних чинників. Вивчено реакцію гібридів соняшнику на екологічні умови за визначеними ознаками, виділено генотипи з високим адаптивним потенціалом, які здатні максимально використовувати ресурси зони вирощування.

Соняшник, гібриди, екологічна пластичність, селекційні ознаки, факторний аналіз, кластерний аналіз

Створення гібридів соняшнику з високим рівнем адаптивності до екологічних умов вирощування забезпечує вирішення проблеми стабільності урожайності [1, 2]. Особливе значення цієї проблеми пов'язано з підвищенням рівня високочастотних коливань абіотичних факторів середовища, відмічені в останнє десятиріччя [3, 4].

Успіх селекції гібридів соняшнику на підвищення адаптивного потенціалу залежить від вирішення ряду теоретичних і методичних питань, пов'язаних з розробкою системи оцінок селекційного матеріалу та його добору [5]. Зокрема, важливим моментом є виявлення особливостей структури екологічної мінливості соняшнику та провідних ознак, завдяки динаміці формування яких реалізується адаптивність до абіотичних чинників [6]. На зміну екологічних умов рослини реагують завдяки генетично обумовленим механізмам узгодження і взаємозв'язку динаміки формування морфологічних структур в рамках цілісності індивідуального розвитку [1, 7]. Фенотипічне проявлення цих механізмів приховано від безпосереднього спостереження і реєстрації. Виявлення їх структури і провідних факторів, які обумовлюють високий рівень адаптивності соняшнику до екологічних умов, є можливим при використанні методів багатомірного аналізу [8]. Метою проведених нами досліді-

джень було саме виявлення особливостей структури та провідних факторів екологічної мінливості гібридів соняшнику.

Дослідження проведено в східній частині Лісостепу України на полях наукової сівозміни Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН впродовж 2007-2010 рр. Роки досліджень значно відрізнялись за динамікою температурного режиму і вологозабезпеченості протягом вегетаційного періоду соняшнику. В 2007 році відмічено підвищені температури порівняно з багаторічними впродовж всього вегетаційного періоду, а в 2008 році – навпаки – зафіксовано помірні температури, дещо нижчі за багаторічні. Лише в період формування насіння спостерігалось значне підвищення температури. Травень 2009 року характеризувався низькими температурами в першій і другій декадах порівняно з середньобагаторічними, що призвело до затримки періоду проростання насіння і отримання сходів соняшнику. Умови 2010 року відрізнялись аномально високими температурами в період цвітіння і формування насіння на фоні значної повітряної і ґрунтової посухи.

За динамікою опадів виділився 2007 рік, який мав помірну їх кількість впродовж майже всього вегетаційного періоду і значну – в третій декаді червня. Нерівномірну кількість опадів впродовж вегетаційного періоду зафіксовано в 2008 році. Найбільш посушливими були 2009 і 2010 роки, особливо в другу частину вегетаційного періоду, але в 2009 році склались менш жорсткі умови у зв'язку з порівняно невисокими температурами. В цілому, при значних відмінностях впродовж вегетаційного періоду, найбільш оптимальним для росту і розвитку рослин соняшнику був 2007 рік, найбільш несприятливим – 2010 рік.

Матеріалом для досліджень були 67 гібридів соняшнику селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Гібриди відносились до чотирьох груп стиглості: скоростиглої, ранньостиглої, середньоранньої і середньостиглої. Експериментальні дослідження включали польове і лабораторне вивчення гібридів соняшнику за ознаками, які охоплюють динаміку формування вегетативної, репродуктивної і генеративної сфер рослини впродовж всього вегетаційного періоду [9]. А саме, вивчено: тривалість вегетаційного періоду та тривалість міжфазних періодів (посів-сходи, сходи-три пари справжніх листків, сходи-фаза «зірочки», сходи-цвітіння, сходи-дозрівання), висоту рослини, кількість листків та площу листової поверхні в кожному із зазначених фаз розвитку [10], діаметр кошика, кількість квіток в кошику, масу 1000 насінин, репродуктивну здатність, продуктивність рослини, урожайність, вміст олії в насінні, збір олії з одиниці площі.

Для аналізу результатів досліджень використано регресійний, факторний (метод максимальної правдоподібності) та кластерний аналізи [8]. Факторний аналіз дає можливість визначити провідні фактори, які є

відображенням окремих фізіолого-генетичних систем генотипів і можуть бути з ними асоційовані [11]. Значення факторів відображає характер інтегрованості відповідної фізіолого-генетичної системи в цілісності індивідуального розвитку і формоутворення. При цьому, фактори характеризуються провідними ознаками, які мають достовірно високі значення коефіцієнтів кореляції.

В таблиці 1 наведені результати факторного аналізу, який дозволив виявити факторну структуру екологічної пластичності гібридів соняшнику та виділити провідні ознаки, які найбільш чітко відображують проявлення відповідних скритих фізіолого-генетичних систем. Вхідними даними для цього аналізу були коефіцієнти екологічної пластичності за всіма ознаками, які вивчено в досліді. Виявлено дев'ять факторів, які обумовлюють понад 75 % загальної мінливості гібридів. При цьому, досить велика кількість факторів певною мірою пов'язана зі складністю динаміки змін екологічних факторів, з їх високим рівнем мінливості в роки досліджень. Це може бути пояснено тим, що в формуванні адаптивності до досить мінливих умов рослинний організм використовує різноманітні генетичні механізми.

Таблиця 1

Факторна структура екологічної пластичності гібридів соняшнику

Фактор	Провідні ознаки		Факторні навантаження	Вклад в загальну дисперсію, %
1	Коефіцієнти екологічної пластичності	Урожайність	0,894	15,68
2		Тривалість періоду «посів-сходи»	0,958	12,58
		Тривалість періоду «сходи-три пари справжніх листків»	-0,934	
3		Кількість листків	0,710	10,23
		Площа листкової поверхні в фазі дозрівання	0,816	
4		Тривалість періоду «сходи-зірочка»	0,901	7,76
5		Маса 1000 насінин	0,870	8,60
		Індекс репродуктивної здатності	-0,718	
6		Площа листкової поверхні в фазі цвітіння	0,769	6,31
7	Тривалість періоду «сходи-цвітіння»	-0,826	7,50	
8	Площа листкової поверхні в фазу «зірочки»	0,819	3,53	
9	Висота рослини	0,731	3,64	
Загальна дисперсія, обумовлена факторами				75,83

На першому місці закладами в загальну мінливість (15,68 %) знаходиться фактор 1, провідною ознакою якого є пластичність за урожайністю (0,894). Формування її інтегрує всі морфогенетичні процеси впродовж вегетаційного періоду. В сукупності з пластичністю за компонентними ознаками – масою 1000 насінин та індексом репродуктивної здатності (фактор 5) - на їх частку в загальній дисперсії припадає 24,28 %.

На другому місці за впливом на загальну мінливість знаходиться фактор 2. Він відображається фізіолого-генетичною системою, яка визначає реакцію гібридів на умови в період постембріонального розвитку та формування структур рослини на початковому етапі – переходу до автотрофного живлення. В цей період, власне, завершується диференціація структур вегетативної сфери та розпочинається перехід до початкових етапів морфогенезу структур репродуктивної сфери. Значну частку вкладу в загальну мінливість (12,58 %) можна пояснити різким коливанням екологічних факторів на цьому етапі розвитку в роки досліджень, а також широким діапазоном мінливості гібридів соняшнику у відповідь на них. Другий фактор в сукупності з четвертим та сьомим, які відображають пластичність тривалості періодів формування вегетативної сфери материнських рослин, визначають 27,84 % загальної дисперсії. Це дає можливість зробити висновок щодо важливості тривалості окремих періодів розвитку в формуванні загального рівня адаптивності соняшнику. При цьому, в пристосованості до значних коливань температурного режиму і вологозабезпеченості більш значна роль відведена тривалості початкових етапів розвитку рослин соняшнику, які створюють стартові умови для морфогенетичних процесів з реалізації репродуктивної функції.

Особливе місце (фактор 3) в реакції на зміну екологічних умов впродовж вегетаційного періоду займають фізіолого-генетичні системи, які контролюють формування фотосинтетичної поверхні листків. Кількість листків та площа листової поверхні в період формування нового насіннєвого покоління є одним із діючих способів узгодження метаболізму з зовнішнім середовищем і накопичення ресурсів, необхідних для реалізації життєвих процесів. В загальній дисперсії екологічної пластичності на частку, обумовлену динамікою формування і функціонування площі листової поверхні за фазами розвитку (3, 6 та 8 фактори), припадає 20,07 %.

Також за результатами факторного аналізу вклад екологічної пластичності за висотою рослини (фактор 9) становить 3,64 % до загальної дисперсії. Екологічна пластичність за іншими ознаками, що були вивчені в досліді, не є суттєвою в формуванні загального рівня адаптивності гібридів соняшнику в умовах Лісостепової частини України.

Таким чином, в селекційній роботі важливо контролювати характер проявлення реакції на динаміку екологічних умов за урожайністю,

тривалістю вегетаційного періоду та площею листової поверхні та їх компонентними ознаками. В східній частині Лісостепу України особливе значення має екологічна пластичність гібридів за масою 1000 насінин, репродуктивною здатністю, тривалістю міжфазних періодів (посів-сходи, сходи-три пари листків, сходи-цвітіння) та площею листової поверхні в фазі дозрівання, цвітіння, «зірочки». Вивчення реакції зразків соняшнику на екологічні умови за визначеними ознаками дозволить створювати генотипи з високим адаптивним потенціалом, які здатні максимально використовувати ресурси зони вирощування.

На рисунку 1 приведено розподіл гібридів соняшнику за факторною структурою їх екологічної пластичності, виконаний за допомогою кластерного аналізу. Значення факторів наведені в стандартизованих величинах $t = (b_i - 1) / s_b$, що надає можливість оцінити відхилення гібридів від «адаптивної норми» ($t=0$) за їх екологічною пластичністю.

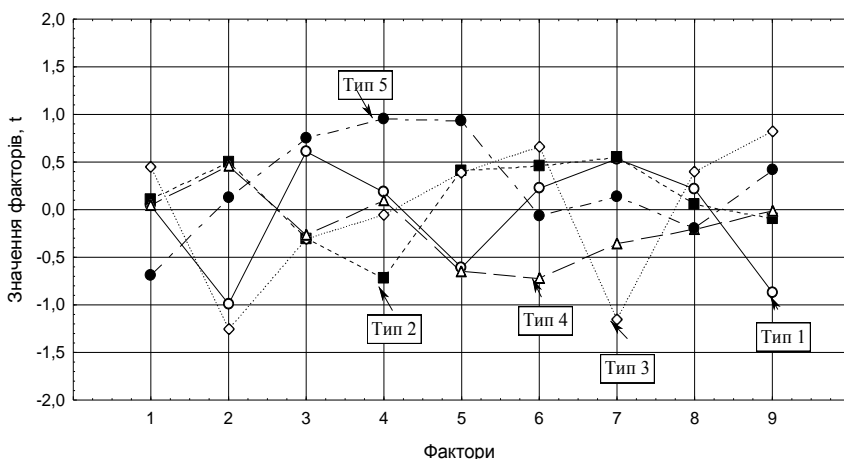


Рисунок 1. Розподіл гібридів соняшнику за факторною структурою екологічної пластичності

Примітка: провідні ознаки факторів - коефіцієнти екологічної пластичності за урожайністю (1), тривалістю періодів «посів-сходи» і «сходи-три пари справжніх листків» (2), кількістю листків і площею листової поверхні у фазі дозрівання (3), тривалістю періоду «сходи-зірочка» (4), маса 1000 насінин та індекс репродуктивної здатності (5), площа листової поверхні у фазі цвітіння (6), тривалістю періоду «сходи-цвітіння» (7), площа листової поверхні у фазі «зірочки» (8), висота рослини (9).

Профілі факторних значень виділених кластерів гібридів свідчать про те, що при загальній пластичності на рівні адаптивної норми вони значно різняться за її факторною структурою. Виділено п'ять кластерів, до яких входять гібриди соняшнику з різним рівнем та характером реакції на екологічні умови. Для типів 1, 2 і 4 пластичність за урожайністю (фактор 1) знаходиться на рівні адаптивної норми ($t=0$). При цьому, у гібридів цих типів відмічено різну спрямованість коефіцієнтів пластичності як за складовими урожайності (фактор 5), так і за іншими ознаками.

В таблиці 2 наведено коефіцієнти екологічної пластичності та їх середньгеометричне значення для гібридів соняшнику, які представляють різні кластери. Результати підтверджують загальну для всіх кластерів особливість - проявлення узагальненої екологічної пластичності (середньгеометричне значення коефіцієнтів екологічної пластичності до адаптивної норми ($b=1$)). Геометричне середнє значення b' для гібридів всіх типів знаходиться на рівні $b' \pm \text{HIP}_{0,05}$, за винятком гібрида Кий, який можливо розглядати як еталон за стабільністю морфогенетичних процесів формування структур в першій половині вегетації. Індивідуальна специфічність гібридів різних типів за екологічною пластичністю проявляється в різноманітті чутливості до коливань біокліматичних факторів на різних етапах індивідуального росту і розвитку.

Для гібридів першого кластеру (представники – гібриди Романс і Номінал) характерний високий рівень мінливості від екологічних умов за репродуктивною здатністю та швидкістю усихання листків.

Гібриди другого кластеру (Кий, Борей, Тайм, Квін) значно чутливі до зміни екологічних умов в періоди «посів-сходи» та «сходи-три пари листків». В цей період відбувається формування листків нижніх та середніх ярусів та диференціація структур кошика. Періодичні коливання гідротермічного режиму в першій половині вегетації характерні для Східного Лісостепу України і визначають характер стабільності урожаю за роками вирощування.

Для гібридів третього кластеру (Максимус, Сайт) характерно збереження площі листків у фазі дозрівання практично на рівні її у фазі цвітіння, що відповідно гарантує стабільність формування нового насінневого покоління.

Гібриди четвертого кластеру (Еней, Рюрик) відрізняються стабільністю, їх реакція на зміну умов знаходиться на рівні «адаптивної норми» для культури. Геометричні середні значення коефіцієнтів екологічної пластичності становлять 0,76-0,96. Гібриди цієї групи мають високі фізіологічні пороги реагування або низьку чутливість до високочастотних коливань екологічних факторів впродовж всього вегетаційного періоду. Це є досить важливим в несприятливі роки вирощування, особливо при стресових умовах.

Таблиця 2

Коефіцієнти екологічної пластичності (b) за селекційними ознаками у гібридів соняшнику

Кластер	Гібрид	Коефіцієнти екологічної пластичності за													Геометричне середнє, b'
		урожайністю	масою 1000 насінин	репродуктивною здатністю	висотою рослини	тривалістю періоду				площею листової поверхні в фазу					
						посів-сходи	сходи-три пари листків	сходи-цвітіння	сходи-дозрівання	три пари листків	«зірочки»	цвітіння	дозрівання	відношення дозрівання/цвітіння	
1	Романс	1,45	0,86	2,31	0,97	0,72	1,15	0,78	1,54	1,19	0,82	1,16	1,06	1,80	1,15
1	Номінал	1,30	0,52	2,52	0,95	0,78	0,99	0,93	1,24	1,44	1,38	1,21	1,53	1,98	1,20
2	Кий	0,89	1,77	0,02	1,00	1,12	0,82	0,95	0,86	1,30	0,53	0,84	1,24	1,68	0,77
2	Борей	1,76	1,06	1,56	1,16	1,28	0,75	1,03	1,82	0,91	1,49	1,66	1,84	1,38	0,97
2	Тайм	0,97	1,44	0,51	0,91	1,21	0,79	0,94	1,13	1,38	1,34	1,48	1,15	1,10	1,07
2	Квін	1,40	1,55	1,31	1,18	1,18	0,82	1,17	0,77	1,43	0,91	1,40	0,62	0,44	1,03
3	Максимум	1,28	1,41	0,63	1,41	0,61	1,16	1,24	0,93	2,08	0,76	1,85	1,36	0,29	1,03
3	Сайт	1,22	1,57	1,34	1,18	0,76	1,29	1,63	1,37	2,27	0,64	1,50	0,46	0,19	1,02
4	Рюрик	0,94	0,32	1,19	1,15	1,46	0,86	1,03	1,02	0,57	0,63	0,38	0,56	1,19	0,79
4	Еней	1,18	1,08	1,30	0,66	1,20	0,90	0,82	1,22	0,98	1,31	0,26	1,17	1,24	0,96
5	Раут	1,03	2,20	0,12	1,19	1,13	0,96	0,81	0,89	1,43	1,79	0,85	1,35	1,57	1,08
НІР _{0,05}		0,35	0,75	0,75	0,34	0,27	0,17	0,32	0,38	0,51	0,54	0,53	0,51	0,57	0,22

Примітка. Жирним шрифтом виділено достовірні значення $b=1 \pm \text{НІР}_{0,05}$

Для гібридів п'ятого кластеру (Раут) характерним є високий рівень чутливості до екологічних умов в період формування і наливу сім'янок і, відповідно, це відображається на високому рівні мінливості площі листової поверхні та маси 1000 насінин.

В цілому, спираючись на вищевикладене, всі наведені гібриди мають високий адаптивний потенціал, про що свідчить узагальнений показник екологічної пластичності. При цьому, серед гібридів виявлено різноманіття за структурою екологічної пластичності, що вказує на їх різну реакцію на екологічні умови впродовж вегетаційного періоду.

Таким чином, визначено структуру екологічної пластичності гібридів соняшнику в Лісостеповій зоні України, виявлено провідні ознаки,

завдяки мінливості яких забезпечується адаптивність гібридів до екологічних умов Східного Лісостепу України. Вивчені гібриди розподілено на кластери, що характеризуються різним рівнем і характером реакції на екологічні умови впродовж вегетаційного періоду. Виділено генотипи з високим адаптивним потенціалом, які здатні максимально використовувати ресурси зони вирощування.

Список використаних джерел

1. Адаптивная селекция. Теория и технология на современном этапе / П. П. Литун, В. В. Кириченко, В. П. Петренкова, В. П. Коломацкая – Харьков, Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева, 2007. – 263 с.
2. Кириченко В. В. Селекция и семеноводство подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). – Харьков, 2005. – 385 с.
3. Литун П. П. Проблеми адаптивної селекції рослин в зв'язку зі зміною клімату / П. П. Литун, В. П. Коломацька // Селекція і насінництво. – 2006. Вип. 93. – С. 67-91.
4. Кириченко В.В. Перспективи гетерозисної селекції соняшнику, орієнтованої на екологічні умови Лісостепу України / В. В. Кириченко, В. П. Коломацька // Селекція і насінництво. – 2006. Вип. 93. – С. 20-31.
5. Дьяков А. Б. Физиология подсолнечника / А. Б. Дьяков. – Краснодар: ВНИИМК, 2004. – 76 с.
6. Колосков П. И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. – Ленинград: Гидрометиздат, 1971. – 327 с.
7. Жученко А. А. Возможности создания сортов и гибридов растений с учетом изменения климата // Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата. Сб. научн. тр. междунар. научн.-практ. конференции. – Саратов, 2004. – С. 10-16.
8. Системний аналіз в селекції польових культур / П. П. Литун, В. В. Кириченко, В. П. Петренкова, В. П. Коломацька. – Х.: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2009. – 354 с.
9. Литун П. П. Методика полевого селекционного опыта / П. П. Литун, Н. В. Проскурнин, Т. И. Гопций. – Харьков: ХСГУ, 1996. – 271 с.
10. Пат. на корисну модель 04997 Спосіб оцінки селекційного матеріалу соняшнику за площею листової поверхні в різні фази розвитку рослин / В. В. Кириченко, В. П. Коломацька, П. П. Литун, В. І. Сивенко ; Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. – № 56163 ; заявл. 26.04.2010 ; опубл. 10.01.2011. – Бюл. № 1.
11. Драгавцев В. А. Эколого-генетический скрининг генофона и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству: Методические рекомендации. Доп. изд. – Санкт-Петербург, 2002. – 80 с

По результатам факторного анализа данных многолетних исследований определены особенности экологической пластичности гибридов подсолнечника в Лесостепной зоне Украины. Установлены ведущие признаки, изучение экологической пластичности по которым является определяющим для селекции гибридов подсолнечника на повышение адаптивного потенциала к абиотическим факторам. Изучена реакция гибридов подсолнечника на экологические условия по выявленным признакам, выделены генотипы с высоким адаптивным потенциалом, которые могут максимально использовать ресурсы зоны выращивания.

According to the results of factorial analysis on many-year research data some peculiar features of sunflower hybrids' plasticity are determined in the Forest-Steppe of Ukraine. There established the major traits by which ecological plasticity is studied and it is a decisive point in breeding sunflower hybrids for improving an adaptive potential to abiotic factors. Sunflower hybrids' reaction to ecological conditions according to the revealed traits in studied, the genotypes with a high adaptive potential, which can fully utilize growing areas' resources, are revealed.